

DOI:10.3724/SP.J.1008.2011.00710

· 论 著 ·

## 低氧环境下运动对大鼠血清睾酮、皮质酮浓度及其比值的影响

温鑫菲, 娄淑杰\*, 邹 军

上海体育学院运动科学学院运动生化教研室, 上海 200438

**[摘要]** **目的** 观察不同低氧浓度环境训练后大鼠血清睾酮(testosterone, T)、皮质酮(corticosterone, C)的浓度及 T/C 的变化, 为确立适宜的低氧训练模式提供实验依据。**方法** SD大鼠 60 只, 随机分为安静对照组(C)、常氧运动组(E)、15%氧浓度对照组(15C)、15%氧浓度运动组(15E)、11%氧浓度对照组(11C)和 11%氧浓度运动组(11E), 每组 10 只, 运动方式为跑台运动。采用 ELISA 方法检测大鼠血清中 T 和 C 的浓度。**结果** (1)11C 组 T 浓度低于 C 组( $P < 0.05$ ); 11E 组 T 浓度低于 E 组( $P < 0.01$ ); (2)E 组大鼠血清 C 浓度高于 C 组( $P < 0.05$ ); 11E 组 C 浓度低于 E 组( $P < 0.01$ ); 15E 组 C 浓度低于 E 组( $P < 0.05$ ); (3)11C 组 T/C 值低于 C 组( $P < 0.05$ )。**结论** 11%氧浓度对 T/C 的平衡可能带来负面影响, 但运动可一定程度代偿低氧带来的不利影响; 15%氧浓度未对大鼠 T/C 的平衡产生影响。

**[关键词]** 低氧训练; 睾酮; 皮质酮**[中图分类号]** R 872.4**[文献标志码]** A**[文章编号]** 0258-879X(2011)07-0710-03

### Effect of hypoxia training on serum testosterone(T), corticosterone(C) and T/C value in rats

WEN Xin-fei, LOU Shu-jie\*, ZOU Jun

Department of Sports Biochemistry, School of Sports Science, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

**[Abstract]** **Objective** To observe the changes of serum testosterone (T), corticosterone (C), and testosterone/corticosterone (T/C) values in SD rats trained under different hypoxic conditions, so as to provide an experimental evidence for correct hypoxia training. **Methods** A total of 60 SD rats (8-week-old) were randomly divided into 6 groups: normal control (C), normal exercise (E), 15% oxygen control (15C), 15% oxygen exercise (15E), 11% oxygen control (11C), and 11% oxygen exercise (11E) groups. The animals received treadmill running for exercise, and the levels of serum T and C were examined by ELISA. **Results** (1) Testosterone level in group 11C was significantly lower than that in group C ( $P < 0.05$ ); testosterone level in group 11E was significantly lower than that in group E ( $P < 0.01$ ). (2) Corticosterone level in group E was significantly higher than that in group C ( $P < 0.05$ ); corticosterone levels in group 11E and 15E were significantly lower than that in group E ( $P < 0.05$ ). (3) The ratio of T/C in group 11C was significantly lower than that in group C ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The 11% oxygen may cause negative effects on the T/C balance, but exercise may compensate the negative effect to some extent; the 15% oxygen causes no noticeable influence to T/C balance.

**[Key words]** hypoxia training; testosterone; corticosterone

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2011, 32(7): 710-712]

目前, 对有关低氧训练能否增强人体机能进而提高运动能力还存在一定争议。有研究报告, 低氧训练可以使血清促红细胞生成素(erythropoietin, EPO)浓度增加, 进而促进血红蛋白和红细胞的生成<sup>[1]</sup>; 亦有研究指出, 经过低氧训练后, 血清睾酮含量明显下降, 机体合成代谢减弱, 分解代谢增强, 合成蛋白质数量减少, 肌肉力量下降<sup>[2-3]</sup>。各种研究得

出的不同甚至相反的结论, 给实际训练中的教练员和运动员带来了困惑, 也使临床应用不能规范与持续。鉴于此, 本实验通过测定和分析不同低氧训练后各组间大鼠血清睾酮(testosterone, T)和皮质酮(corticosterone, C)的含量及计算 T/C 值, 以期寻找一个适宜的低氧浓度, 即运动强度和低氧浓度的恰当结合, 为运动员的低氧训练提供实验依据。

**[收稿日期]** 2010-12-28**[接受日期]** 2011-04-27

**[基金项目]** 国家自然科学基金(30870349), 上海市教委科研创新项目(09yz304), 上海市重点学科建设项目(S30802). Supported by National Natural Science Foundation of China(30870349), Innovation Program of Shanghai Education Bureau(09yz304), and Key Research Program of Shanghai(S30802).

**[作者简介]** 温鑫菲, 博士生. E-mail: xfw021@yahoo.cn

\* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-51253243, E-mail: hujielou319@yahoo.com.cn

## 1 材料和方法

1.1 动物及分组 健康雄性 8 周龄 Sprague-Dawley (SD) 大鼠 60 只, 购自上海西普尔-必凯实验动物有限公司, 平均体质量( $182.8 \pm 7.30$ ) g。随机分为安静对照组(C)、常氧运动组(E)、15%氧浓度对照组(15C)、15%氧浓度运动组(15E)、11%氧浓度对照组(11C)和 11%氧浓度运动组(11E), 每组 10 只。

1.2 动物模型 所有动物经过适应性喂养训练后, 按设计的实验方案进行训练。低氧环境使用美国 Hypoxico 公司制造的低氧分压系统(HTS), 以产生人工常压低氧环境。15C 组和 11C 组大鼠每天分别放入氧浓度为 15% 和 11% 的低氧房中安静状态 2 h, 分别对应海拔高度为 2 800 m 和 5 000 m; E 组、15E 组和 11E 组大鼠运动方式为跑台运动, 速度为 12 m/min, 每天 30 min。E 组大鼠每天在常氧环境中进行跑台运动, 15E 组和 11E 组大鼠每天分别放入 15% 和 11% 氧浓度的低氧房中 2 h, 前 30 min 进行跑台运动, 运动后继续留在低氧房中安静状态 1.5 h。连续训练 7 d。

1.3 取材与测试方法 训练 7 d 结束后次日, 麻醉动物, 下腔静脉取血后分离血清, 储存于  $-80^{\circ}\text{C}$  低温冰柜待测。采用睾酮和皮质酮 ELISA 测定试剂盒(GBD 公司)测定大鼠血清中睾酮和皮质酮含量。

1.4 统计学处理 所有数据以  $\bar{x} \pm s$  表示。使用 SPSS 16.0 统计软件对数据进行单因素方差分析(one-way ANOVA), 判断多组间的统计学差异。检验水平( $\alpha$ )为 0.05。

## 2 结果

2.1 不同低氧训练模式对大鼠血清睾酮的影响 由图 1 可以看出, 11% 氧浓度对照组大鼠血清 T 含量低于安静对照组, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ), 15% 氧浓度对照组与安静对照组血清 T 含量差异没有统计学意义( $P > 0.05$ ); 11% 氧浓度运动组大鼠 T 含量明显低于常氧运动组, 差异具有统计学意义( $P < 0.01$ ); 15% 氧浓度运动组与运动组血清 T 含量差异没有统计学意义( $P > 0.05$ )。

2.2 不同低氧训练模式对大鼠血清皮质酮的影响 结果(图 2)表明: 11% 氧浓度对照组和安静对照组大鼠血清 C 含量差异没有统计学意义( $P > 0.05$ ), 15% 氧浓度对照组和安静对照组血清 C 含量差异也没有统计学意义( $P > 0.05$ ); 与运动组相比, 11% 氧浓度运动组大鼠血清 C 含量低于常氧运动组, 差异具有统计学意义( $P < 0.01$ ), 15% 氧浓度运动组血清 C 含量也低于常氧运动组, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。

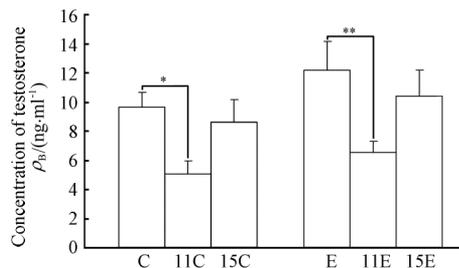


图 1 各组大鼠血清睾酮含量比较

Fig 1 Comparison of serum testosterone levels among different groups

C: Control group; E: Exercise group; 11C, 15C: 11% or 15% control groups; 11E, 15E: 11% or 15% exercise group.  $n=10$ ,  $\bar{x} \pm s$ . \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

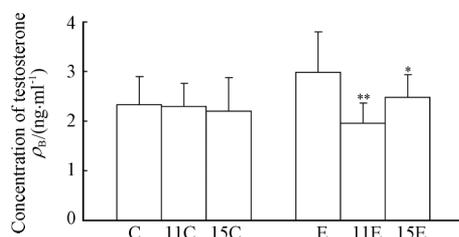


图 2 各组大鼠血清皮质酮含量比较

Fig 2 Comparison of serum corticosterone levels among different groups

C: Control group; E: Exercise group; 11C, 15C: 11% or 15% control groups; 11E, 15E: 11% or 15% exercise group. \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$  vs E group.  $n=10$ ,  $\bar{x} \pm s$

2.3 各组大鼠血清睾酮、皮质酮含量比值(T/C)比较 结果(图 3)表明: 与安静对照组相比, 11% 氧浓度对照组 T/C 值降低, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ), 15% 氧浓度对照组 T/C 值与安静对照组差异没有统计学意义( $P > 0.05$ ); 与常氧运动组相比, 11% 氧浓度运动组 T/C 值降低, 但差异没有统计学意义( $P > 0.05$ ), 15% 氧浓度运动组与常氧运动组差异也没有统计学意义( $P > 0.05$ )。

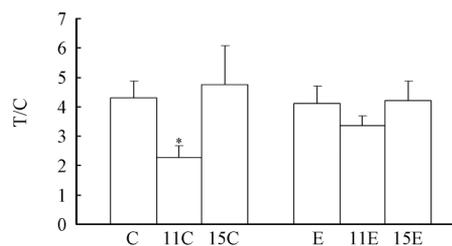


图 3 各组大鼠 T/C 值比较

Fig 3 Comparison of T/C ratios among different groups

C: Control group; E: Exercise group; 11C, 15C: 11% or 15% control groups; 11E, 15E: 11% or 15% exercise group. T/C: Serum testosterone(T)/corticosterone(C). \*  $P < 0.05$  vs C group.  $n=10$ ,  $\bar{x} \pm s$

### 3 讨论

3.1 不同低氧浓度训练对大鼠血清T含量的影响 有报道,长期常氧耐力训练会使大鼠出现运动性低血睾酮<sup>[4]</sup>,本实验采取的1周训练时间未使大鼠血清T含量发生明显变化( $P>0.05$ ),提示短期常氧训练未对大鼠血清睾酮含量产生明显影响。

文献<sup>[5-6]</sup>发现,间歇低氧使大鼠血清睾酮含量下降。结合本实验结果推测:低氧可引起大鼠血清睾酮含量下降,而在低氧环境下适宜的小强度运动能一定程度代偿低氧造成的影响,且随着氧浓度的适度升高(15%),运动代偿效应更明显。本研究还显示11E组大鼠血清T浓度有低于C组的趋势,提示该浓度下运动已不能代偿低氧造成的影响;而15E组大鼠血清T浓度有高于C组的趋势,则进一步提示运动可适度代偿低氧效应,且存在一个适宜的低氧浓度,在该浓度下运动,既能体现低氧的刺激作用,又能体现运动的代偿作用。

3.2 不同低氧浓度训练对大鼠血清C含量的影响 血液内皮质酮浓度在一定程度上可反映机体内分解代谢状态<sup>[7]</sup>和运动员对运动负荷的反应程度<sup>[8]</sup>。运动时血皮质酮的增加有利于肌糖原的分解供能,推迟疲劳出现<sup>[3]</sup>,是机体对运动的适应;但是在运动后很长时间内皮质酮仍然保持较高的水平,则提示机体功能状态有所下降<sup>[9-10]</sup>。

短时间极度低氧(8%氧浓度)可使新生鼠血清C含量下降<sup>[7]</sup>,也有研究报道大鼠于低氧环境暴露后可致血浆皮质酮含量上升<sup>[11]</sup>,而本研究设置的2个低氧浓度均未造成大鼠血清C含量明显改变,这可能与氧浓度设置相对高有关,也可能与低氧刺激大鼠的时间较短有关。

相比常氧运动,低氧运动可使大鼠血清C含量下降,且运动环境的氧浓度越低,血清C浓度下降越明显,提示在较低氧浓度(11%)环境中,运动和低氧双重刺激对大鼠机体造成了不良影响,机体应激反应被抑制;而15%氧浓度运动组与安静对照组血清C水平相近,说明该环境下运动代偿了低氧对机体应激的抑制,有利于机体更好地适应环境变化。赵晋等<sup>[10]</sup>的研究也指出,这是大鼠功能水平提高,适应不良环境的表现。

3.3 不同低氧浓度训练对大鼠血清T/C的影响 血清T/C值可以反映体内合成和分解代谢的平衡状态。通常将血清T/C值作为早期运动训练过度的监测指标<sup>[8]</sup>。大气中氧分压降低导致运动肌的氧供应不足,易引起无氧酵解供能的过早动用<sup>[12]</sup>,因此低氧训练时机体的消耗明显大于常氧训练。本实验

结果显示常氧小强度运动后T/C没有明显变化,机体合成和分解代谢仍处于平衡状态。

在不同的氧浓度环境中,随着氧浓度的下降,T/C值明显下降,这提示在适度低氧环境(15%氧浓度)中,大鼠机能仍处于平衡状态;而极度低氧(11%氧浓度)可能致使大鼠机体分解代谢大于合成代谢,对机能产生影响。

在不同氧浓度条件下运动,大鼠血清T/C值未产生明显改变,可能也是小强度运动代偿了低氧所产生的影响。总之,无论是从T和C的变化,还是T/C值的变化,都提示:为了达到低氧的良性刺激作用,需要选择适宜的低氧浓度,同时结合小强度的运动,可更有利于达到低氧训练的目的。

### [参考文献]

- [1] 胡扬,黄亚茹.耐力训练的新方法——(HiLo)高低低训法[J].体育科学,2001,21:66-70.
- [2] Kayser B. Nutrition and energetics of exercise at altitude: theory and possible practical implications[J]. Sports Med,1994,17:309-323.
- [3] 罗荣保,刘文锋,汤长发.低氧训练对下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴内分泌相关激素的影响[J].中国运动医学杂志,2007,52:10682-10686.
- [4] McLean C J, Booth C W, Tattersall T, Few J D. The effect of high altitude on saliva aldosterone and glucocorticoid concentrations[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol,1989,58:341-347.
- [5] 徐国琴,林文波,翁锡全,王仁刚.低氧居住对大鼠血清EPO、T、C的影响及其相关性比较分析[J].山东体育学院学报,2009,25:37-39.
- [6] Hu Y, Asano K, Mizuno K, Usuki S, Kawakura Y. Comparisons of serum testosterone and corticosterone between exercise training during normoxia and hypobaric hypoxia in rats[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol,1998,78:417-421.
- [7] Bruder E D, Taylor J K, Kamer K J, Raff H. Development of the ACTH and corticosterone response to acute hypoxia in the neonatal rat[J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol,2008,295:R1195-R1203.
- [8] 廖卫公,高钰琪,蔡明春,黄碱,陈建.低氧对雄性大鼠睾酮分泌及其合成相关蛋白和酶表达的影响[J].中华航空航天医学杂志,2006,17:191-194.
- [9] Kenefick R W, Maresh C M, Armstrong L E, Castellani J W, Whittlesey M, Hoffman J R, et al. Plasma testosterone and cortisol responses to training intensity exercise in mild and hot environments[J]. Int J Sports Med,1998,19:177-181.
- [10] 赵晋,王庆君,刘爱杰,袁守龙.高原训练对我国优秀赛艇运动员血清睾酮、皮质醇及血睾酮/皮质醇的影响[J].中国运动医学杂志,1997,16:137-139.
- [11] Mikhailenko V A, Butkevich I P, Bagaeva T R, Makukhina G V, Otellin V A. Early and delayed effects of hypoxia during the infantile period on behavioral and hormonal reactions of rats[J]. Bull Exp Biol Med,2010,149:405-408.
- [12] Martin I H, Costa L E. Reproductive function in female rats submitted to chronic hypobaric hypoxia[J]. Arch Int Physiol Biochim Biophys,1992,100:327-330.